

Contenido

Prólogo XV

1 **INTRODUCCIÓN 1**

- 1.1 Los orígenes de la investigación de operaciones 1
- 1.2 La naturaleza de la investigación de operaciones 3
- 1.3 El impacto de la investigación de operaciones 4
- 1.4 Algoritmos y el OR Courseware 4

2 **PANORAMA SOBRE EL ENFOQUE DE MODELADO EN LA INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES 8**

- 2.1 Definición del problema y recolección de datos 9
- 2.2 Formulación de un modelo matemático 11
- 2.3 Derivación de soluciones a partir del modelo 15
- 2.4 Prueba del modelo 17
- 2.5 Preparación para aplicar el modelo 19
- 2.6 Puesta en práctica 21
- 2.7 Conclusiones 22

3 **INTRODUCCIÓN A LA PROGRAMACIÓN LINEAL 25**

- 3.1 Ejemplo prototipo 26
- 3.2 Modelo de programación lineal 32
- 3.3 Suposiciones de programación lineal 38
- 3.4 Ejemplos adicionales 45
- 3.5 Estudio de algunos casos 62
- 3.6 Conclusiones 67

4 **SOLUCIÓN DE PROBLEMAS DE PROGRAMACIÓN LINEAL: MÉTODO SÍMPLEX 81**

- 4.1 La esencia del método simplex 82
- 4.2 Preparación para el método simplex 87
- 4.3 El álgebra del método simplex 90
- 4.4 El método simplex en forma tabular 95
- 4.5 Rompimiento de empates en el método simplex 100
- 4.6 Adaptación a otras formas de modelo 103
- 4.7 Análisis posóptimo 122

4.8	Paquetes de computadora	129	
4.9	Enfoque de punto interior para resolver problemas de programación lineal		131
4.10	Conclusiones	136	
5	TEORÍA DEL MÉTODO SÍMPLEX	153	
5.1	Fundamentos del método simplex	153	
5.2	El método simplex revisado	165	
5.3	Una idea fundamental	174	
5.4	Conclusiones	182	
6	TEORÍA DE DUALIDAD Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	196	
6.1	Esencia de la teoría de dualidad	197	
6.2	Interpretación económica de dualidad	204	
6.3	Relaciones primal-dual	206	
6.4	Adaptación a otras formas del primal	210	
6.5	Papel de la teoría de dualidad en el análisis de sensibilidad		215
6.6	Esencia del análisis de sensibilidad	217	
6.7	Aplicación del análisis de sensibilidad	223	
6.8	Conclusiones	238	
7	OTROS ALGORITMOS PARA PROGRAMACIÓN LINEAL	263	
7.1	Método simplex dual	264	
7.2	Programación lineal paramétrica	266	
7.3	Técnica de la cota superior	271	
7.4	Algoritmo de punto interior	274	
7.5	Programación lineal por objetivos y sus procedimientos de solución		285
7.6	Conclusiones	292	
8	PROBLEMAS DE TRANSPORTE Y ASIGNACIÓN	303	
8.1	Problema del transporte	304	
8.2	Método simplex simplificado para el problema de transporte		315
8.3	Problema de asignación	329	
8.4	Conclusiones	338	
9	ANÁLISIS DE REDES, INCLUYENDO PERT - CPM	353	
9.1	Ejemplo prototipo	355	
9.2	Terminología de redes	356	
9.3	Problema de la ruta más corta	359	
9.4	Problema del árbol de expansión mínima	362	
9.5	Problema del flujo máximo	366	
9.6	Problema del flujo de costo mínimo	372	
9.7	Método simplex de redes	378	
9.8	Planeación y control de proyectos con PERT - CPM		389
9.9	Conclusiones	404	
10	PROGRAMACIÓN DINÁMICA	424	
10.1	Ejemplo prototipo para programación dinámica	425	
10.2	Características de los problemas de programación dinámica		430

10.3	Programación dinámica determinística	433	
10.4	Programación dinámica probabilística	453	
10.5	Conclusiones	458	
11	TEORÍA DE JUEGOS	470	
11.1	Formulación de juegos de dos personas con suma cero	471	
11.2	Solución de juegos sencillos — Ejemplo prototipo	472	
11.3	Juegos con estrategias mixtas	477	
11.4	Procedimiento de solución gráfica	479	
11.5	Solución mediante programación lineal	482	
11.6	Extensiones	485	
11.7	Conclusiones	486	
12	PROGRAMACIÓN ENTERA	494	
12.1	Ejemplo prototipo	495	
12.2	Otras posibilidades de formulación con variables binarias	497	
12.3	Algunos ejemplos de formulación	503	
12.4	Perspectivas sobre la solución de problemas de programación entera	511	
12.5	Técnica de ramificación y acotamiento y sus aplicaciones a la programación entera binaria	515	
12.6	Algoritmo de ramificación y acotamiento para programación entera mixta	527	
12.7	Desarrollos recientes en la solución de problemas de PEB	533	
12.8	Conclusiones	541	
13	PROGRAMACIÓN NO LINEAL	558	
13.1	Algunas aplicaciones	559	
13.2	Ilustración gráfica de problemas de programación no lineal	563	
13.3	Tipos de problemas de programación no lineal	568	
13.4	Optimización no restringida de una variable	574	
13.5	Optimización no restringida de varias variables	577	
13.6	Las condiciones de Karush-Kuhn-Tucker (KKT) para optimización restringida	582	
13.7	Programación cuadrática	586	
13.8	Programación separable	591	
13.9	Programación convexa	598	
13.10	Programación no convexa	603	
13.11	Conclusiones	606	
14	CADENAS DE MARKOV	628	
14.1	Procesos estocásticos	629	
14.2	Cadenas de Markov	630	
14.3	Ecuaciones de Chapman-Kolmogorov	633	
14.4	Clasificación de estados en una cadena de Markov	635	
14.5	Tiempos de primera pasada	638	
14.6	Propiedades a largo plazo de las cadenas de Markov	640	
14.7	Estados absorbentes	646	
14.8	Cadenas de Markov de tiempo continuo	648	

15	TEORÍA DE COLAS	661
15.1	Ejemplo prototipo	662
15.2	Estructura básica de los modelos de colas	662
15.3	Ejemplos de sistemas de colas reales	667
15.4	Papel de la distribución exponencial	668
15.5	Proceso de nacimiento y muerte	674
15.6	Modelos de colas basados en el proceso de nacimiento y muerte	679
15.7	Modelos de colas con distribuciones no exponenciales	696
15.8	Modelo de colas con disciplina de prioridades	704
15.9	Redes de colas	709
15.10	Conclusiones	713
16	APLICACIÓN DE LA TEORÍA DE COLAS	733
16.1	Ejemplos	734
16.2	Toma de decisiones	735
16.3	Formulación de las funciones de costo-espera	738
16.4	Modelos de decisión	742
16.5	Conclusiones	748
17	TEORÍA DE INVENTARIOS	756
17.1	Ejemplos	757
17.2	Componentes de los modelos de inventarios	759
17.3	Modelos determinísticos	761
17.4	Modelos estocásticos	772
17.5	Conclusiones	797
18	PRONÓSTICOS	806
18.1	Técnicas subjetivas	807
18.2	Series de tiempo	808
18.3	Técnicas de pronósticos para un modelo de nivel constante	809
18.4	Técnica de pronósticos para modelos con tendencia lineal	812
18.5	Técnica de pronósticos para un modelo de nivel constante con efecto estacional	814
18.6	Errores de pronóstico	817
18.7	Método de Box-Jenkins	818
18.8	Regresión lineal	819
18.9	Conclusiones	826
19	PROCESOS MARKOVIANOS DE DECISIÓN	833
19.1	Ejemplo prototipo	834
19.2	Un modelo de decisión markoviano	836
19.3	Programación lineal y políticas óptimas	839
19.4	Algoritmo de mejoramiento de una política para encontrar políticas óptimas	843
19.5	Criterio de costos descontados	848
19.6	Conclusiones	855

20	ANÁLISIS DE DECISIÓN	864
20.1	Ejemplo prototipo	865
20.2	Toma de decisiones sin experimentación	865
20.3	Toma de decisiones con experimentación	869
20.4	Árboles de decisión	874
20.5	Función de utilidad	877
22.6	Conclusiones	883

21 SIMULACIÓN 900

21.1	Ejemplos ilustrativos	902
21.2	Formulación y puesta en práctica de un modelo de simulación	909
21.3	Diseño experimental para simulación	919
21.4	Método regenerativo de análisis estadístico	926
21.5	Conclusiones	932

APÉNDICES 945

1	Documentación para el OR Courseware	947
2	Convexidad	951
3	Métodos de optimización clásica	959
4	Matrices y operaciones con matrices	963
5	Tablas	970

Respuestas a problemas selectos 972

Índices

Índice de autores 982

Índice temático 986